

Trabalho Conclusão Curso

José Da Silva Junior

VOLATILIDADE GRANULAR DOS SETORES DA ECONOMIA BRASILEIRA, PERÍODO 2000 A 2015

Florianópolis

2018



José Da Silva Junior

**VOLATILIDADE GRANULAR
DOS SETORES DA ECONOMIA BRASILEIRA,
PERÍODO 2000 A 2015**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Ciências Econômicas do Centro Socioeconômico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Dr. Eraldo Sérgio Barbosa Da Silva

Florianópolis

2018

Ficha de identificação da obra

Da Silva Junior, José

Volatilidade Granular dos Setores da Economia,
período 2000 a 2015.

Brasileira / José Da Silva Junior ; orientador, Dr.
Eraldo Sérgio Barbosa Da Silva , 2018.

46 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Sócio
Econômico, Graduação em Ciências Econômicas, Florianópolis,
2018.

Inclui referências.

1. Ciências Econômicas. 2. Leis de Potência. 3.
Granularidade. 4. Volatilidade granular. I. , Dr. Eraldo
Sérgio Barbosa Da Silva. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Ciências Econômicas. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

A Banca Examinadora resolveu atribuir a nota 9,5 ao aluno José Da Silva Junior, na disciplina
CNM 7107 – Monografia, pela apresentação deste trabalho.

Banca Examinadora:

Dr. Eraldo Sérgio Barbosa Da Silva
Orientador

Dr. Guilherme De Oliveira
Universidade Federal de Santa Catarina

Bel. Murilo Rocha e Silva
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedicado à Vanessa Mendes Argenta
Esposa e companheira

AGRADECIMENTOS

Muito obrigado a todos os Professores do Curso de Ciências Econômicas da UFSC, aos Servidores Técnico-Administrativos do Centro Socioeconômico e aos colegas Estudantes que deram suporte e dividiram a janela de tempo dessa breve caminhada.

Todos os grandes feitos
e todos os grandes pensamentos
têm uma origem insignificante.

Grandes eventos podem surgir
em uma esquina
ou na porta de um restaurante

Albert Camus

RESUMO

Neste trabalho foi adotada uma abordagem de econofísica para examinar a volatilidade do PIB brasileiro no período entre os anos 2000 e 2015, a partir do conceito de “volatilidade granular”. Busca-se algum entendimento dos choques agregados ao compará-los com os resultados do cálculo da volatilidade granular, utilizando dados da produção bruta dos setores da economia e das variações da produtividade total dos fatores.

Palavras-chave: Econofísica. Leis de Potência. Volatilidade Granular.

ABSTRACT

This work adopts an econophysics approach to examine the volatility of Brazilian GDP in the period between 2000 and 2015, based on the concept of “granular volatility.” Some understanding of the aggregate shocks is sought when comparing them with the results of the calculation of the granular volatility, using data of the gross production of the sectors of the economy and the changes in total factor productivity.

Keywords: Econophysics. Power Law. Granular Volatility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ocorrência de leis de potência em diversos fenômenos (NEWMAN, 2005).....	22
Figura 2. Processos gaussianos e a lei de potência (Boisot; McKelvey, 2010).....	23
Figura 3. Histograma da distribuição de riqueza (BENHABIB; BISIN et al., 2015).....	26
Figura 4. Participação das firmas no PIB americano (GABAIX, 2011).....	27
Figura 5. Reta log-log das 1000 maiores empresas brasileiras (DA SILVA et al., 2018).....	28
Figura 6. PIB brasileiro em nível da série 22099 do pacote BETS.....	31
Figura 7. Aplicação do filtro HP no logaritmo do nível PIB e desvios da tendência.....	33
Figura 8. Cabeçalho do relatório da função hpfilter com os desvios da tendência.....	35
Figura 9. Volatilidade cíclica do PIB removida a média do desvio padrão anual.....	36
Figura 10. Volatilidade fundamental calculada com 22 setores.....	38
Figura 11. Ranqueamento das variações da PTF apresentadas no relatório de Bahia (2016)..	39
Figura 12. Volatilidade fundamental para 22 setores mais financeiro hipotético.....	39
Figura 13. Comparação dos pesos 2 e 4 do grão financeiro sobre $\sigma^2_{Construção Civil}$	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Divisão do SCN em 51 setores da economia brasileira (IBGE, 2018).....	32
Tabela 2. Variação da PTF no período 1995 a 2009 (BAHIA, 2016).....	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA	15
1.2	OBJETIVOS.....	18
1.2.1	Objetivo Geral	18
1.2.2	Objetivos Específicos.....	18
1.2.3	Justificativa	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	CONDIÇÕES DE EQUILÍBRIO E UBIQUIDADE DAS LEIS DE POTÊNCIA	19
2.2	APLICAÇÕES DAS LEIS DE POTÊNCIA	23
2.3	A HIPÓTESE DA GRANULARIDADE.....	25
2.4	A VOLATILIDADE GRANULAR	29
3	METODOLOGIA	31
4	RESULTADOS	36
5	CONCLUSÃO	42
	REFERÊNCIAS	43

1 INTRODUÇÃO

1.1 TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA

Econofísica é um campo multidisciplinar, tal como toda e qualquer agenda de pesquisa cuja missão é fazer ciência no século XXI. O campo batizado com esse nome por Eugene Stanley, físico da Universidade de Boston, foi apresentado nessa perspectiva à comunidade científica na Segunda Conferência de Física Estatística de Calcutá em 1995 (ROSSER JR, 2008). O nome é um neologismo que representa originalmente as atividades de investigação de físicos, trabalhando em problemas nativos ao ambiente de economistas, na tentativa de expandir as fronteiras da Física, testando a variedade de aproximações conceituais desenvolvidas principalmente na disciplina conhecida como Mecânica Estatística ou Termodinâmica Estatística. Hoje a econofísica é desenvolvida também dentro dos departamentos e *think tanks* dedicados às ciências econômicas, onde pesquisadores prezam por testar os fundamentos econômicos dos problemas, examinar as implicações de determinadas hipóteses no legado teórico predominante e aplicar os resultados aos mais diversos campos dessa ciência social.

Da Silva e Matsushita (2017) ajudam a organizar essa já extensa agenda de pesquisa, mapeando seus fundamentos em três linhas principais: a original e pioneira chamada de econofísica estatística, e duas outras ligadas diretamente ao paradigma computacional de modelos baseados em agentes: a econofísica baseada em agentes do tipo *bottom-up* e a econofísica baseada em agentes do tipo *top-down*. Dessas duas mais recentes, esses autores explicam que na linha *bottom-up*, uma expressão traduzida por “do micro para o macro”, o que se procura é levantar propriedades emergentes de um modelo micro, sem a necessidade de definir uma estrutura macro *ex-ante*. A linha *top-down*, do macro para o micro, é dedicada à reprodução dos dados empíricos já disponíveis na literatura de macroeconomia, através de calibragem de determinadas regras de interações micro entre agentes, para então gerar padrões macro e compará-los aos consolidados de antemão na teoria econômica. Além disso, são destacadas nestas três abordagens um ponto em comum. A noção fundamental de que os fenômenos econômicos são gerados em sistemas complexos, na composição e estrutura emergente de um grande número de elementos que interagem e evoluem no tempo.

Aqui neste trabalho de conclusão de Curso de Graduação em Ciências Econômicas, o referencial teórico a ser apresentado no Capítulo 3 segue a linha de pesquisa da econofísica estatística, a original e pioneira. Essa agenda de pesquisa, ainda que separada em temas muito

diversos, comunica aos pesquisadores uma missão central: a busca pelas distribuições estatísticas e suas funções densidade de probabilidade, geradoras de todos os possíveis estados característicos dos mais diversos sistemas econômicos dinâmicos.

Os temas mais conhecidos dessa linha miram nas aplicações em finanças que resultaram do esforço por revelar as distribuições estatísticas dos processos que pudessem dirigir os retornos dos mercados de ações (LIU et al., 1999). Mas a econofísica estatística investiga muito mais. Ela reúne uma ampla busca por processos que possam gerar o perfil das distribuições de renda e de riqueza, do tamanho das firmas e das cidades, dos choques econômicos, das diferentes variações das taxas de crescimento econômico e alcançar explicações para a variedade de escalas dos salários de grandes estrelas do cinema e da indústria do entretenimento, de atletas de alta performance e de empresários de grandes corporações (DA SILVA; MATSUSHITA, 2017). A econofísica estatística passa a se dedicar, então, à busca pelas leis que integram a emergência de uma categoria de eventos em diversas escalas, dos muito pequenos aos muitos grandes, no sentido das possíveis magnitudes de qualquer fenômeno, seja qual for a área de estudo de origem. Das distribuições de probabilidades associadas à frequência e magnitude de eventos que incidem ao longo das diversas escalas de tempo e das diferentes escalas espaciais. Dos eventos associados à magnitude de todos os diferentes impactos, sejam de terremotos, das avalanches, dos incêndios florestais, da extinção das espécies, das descobertas científicas e dos conflitos bélicos (BUCHANAN, 2002). Dos fenômenos que se estendem ainda para os domínios mais abstratos da experiência humana. Para as distribuições na frequência de uso de palavras em um corpo linguístico qualquer, das sequências de números declarados em uma peça contábil, das requisições de acessos à servidores na internet e do padrão de atribuição de referências nas publicações científicas. A econofísica abriu uma grande Caixa de Pandora, mas vamos parar por aqui, sabendo que nestas listas estariam incluídas ainda algumas centenas de outros exemplos, já documentados na literatura científica, de fenômenos com a característica em comum de distribuir alta probabilidades a uma quantidade majoritária de pequenos eventos com a peculiaridade de serem abundantes e de pequena intensidade relativa, e de um conjunto de alguns poucos porém raros eventos de intensidade extrema (BARABASI, 2010).

E o que esses fenômenos, obviamente tão distintos e independentes, podem ter em comum, do ponto de vista estatístico, mais puro, para que todos estejam reunidos em uma mesma agenda de pesquisa? Eles estão reunidos em uma mesma agenda de pesquisa porque carregam a característica comum de não responderem ao impreterível processo gerador do padrão gaussiano ou normal (DA SILVA; MATSUSHITA, 2017). O processo gerador

gaussiano é a matriz realizadora do conjunto de estados observáveis de um acontecimento característico. Ele determina o comportamento de um conjunto de realizações num todo limitado e bem especificado, conhecido na física como o pacote gaussiano (SALINAS, 2013). Esse pacote gaussiano precisa ter uma “embalagem firme”, composta por uma média e uma variância fixa que lhe permita expressar, respectivamente, uma provável localização e uma escala no espaço, no tempo, ou num espaço abstrato qualquer. Pode ser o espaço onde reunimos as alturas e os pesos das pessoas ou os resultados possíveis de um jogo de cartas, de roleta ou de dados, o espaço chamado por Nassim Nicholas Taleb de Mediocristão, onde se encontram as bem-comportadas aleatoriedades amenas (TALEB, 2010). Acontece que, todos aqueles eventos listados no parágrafo anterior, “furam” ou “vazam” esse pacote. Eles manifestam o que Taleb (2010) chama de aleatoriedade selvagem ou aleatoriedade do tipo II. Por isso é preciso guardá-los em uma embalagem diferente. E assim parte a missão que mantém a comunidade de econofísicos estimulada, pela busca de outros tipos de distribuições.

Se tais fenômenos não respondem ao processo gerador gaussiano, tão fundamental para a estatística e tão central na construção da teoria econômica neoclássica e de todos os seus modelos fundados na eficiência dos mercados e no equilíbrio geral, a teoria econômica predominante ou *mainstream* fica exposta, por isso, a graves limitações (DA SILVA; MATSUSHITA, 2017). Nessa condição, qual seria a pedra angular que ainda assim mantém unidos todos aqueles fenômenos em torno de um marco teórico? A pedra angular que os mantém unidos é a poderosa e onipresente Lei de Potência. Ela será apresentada no próximo capítulo.

É das propriedades das distribuições de Lei de Potência que derivam as ideias que vão instrumentalizar o entendimento e a modelagem dos problemas econômicos complexos, cujas limitações expostas pela teoria econômica predominante mostraram incapacidade para superar. Dentre essas ideias, frutos da construção dos conceitos que orbitam a Lei de Potência, está a proposta de Gabaix (2011) da “volatilidade granular” que será apresentada e explorada aqui nesse trabalho.

Portanto, os elementos textuais desse trabalho de conclusão estão estruturados em cinco capítulos, conforme o sumário apresentado antes desse capítulo introdutório. Nesse primeiro, é introduzida a narrativa que apresenta a econofísica em um breve panorama de sua origem e são também apresentados o tema e o problema de pesquisa. O segundo capítulo organiza o referencial teórico que dá base ao trabalho. O terceiro apresenta a metodologia de pesquisa para instrumentalizar os objetivos geral e específicos. Os resultados, então, estão

documentados no quarto capítulo, seguidos de uma análise do estudo apresentado. Finalmente, um quinto capítulo é dedicado à conclusão.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Partindo da hipótese da granularidade, aplicar o conceito de volatilidade granular à série anual da tabela de usos e recursos dos setores de atividade produtiva da economia brasileira e compará-lo à volatilidade cíclica anual da série do PIB em busca de indicadores *early warnings* ou barômetros econômicos antecipados da macroeconomia.

1.2.2 Objetivos Específicos

O objetivo específico desta monografia é fazer uma aproximação aos métodos utilizados pela comunidade de Econofísicos em análise de problemas macroeconômicos microfundamentados, partindo da visão de emergência de fenômenos microeconômicos em distribuição de Leis de Potência sob a hipótese da granularidade.

1.2.3 Justificativa

A Econofísica conta com a vantagem de oferecer um instrumental matemático relativamente simples, quando comparado aos modelos que usam matrizes insumo-produto ou de equilíbrio geral estocástico-dinâmicos (DSGE) que trata os problemas macroeconômicos em bases microfundamentadas, aplicando diversos parâmetros em um ferramental matemático que exige experiência e maturidade em pesquisa econômica e métodos quantitativos. Para estudantes de graduação (*undergraduates*), esses modelos mais avançados podem apresentar muitas dificuldades, vindo a ser tratados com significativa imperícia. Com a aproximação Econofísica, o estudante de graduação conta com um instrumental matemático plano, basicamente constituído de ferramentas da estatística básica e a aplicação das Leis de Potência, podendo explorar vários aspectos de problemas econômicos complexos e desenvolver assim análises ricas em significado, partindo de sua pouca experiência em pesquisa científica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONDIÇÕES DE EQUILÍBRIO E UBIQUIDADE DAS LEIS DE POTÊNCIA

Fenômenos críticos emergem geralmente em sistemas que se afastam lentamente do equilíbrio através de uma sucessão de eventos aleatórios. Esses eventos ocorrem em processos nos quais a passagem do tempo é determinante para explicar as características e o comportamento de suas partes ou, na expressão de Buchanan (2002), processos nos quais a história do sistema é determinante para especificar sua configuração. Para tais sistemas de fora do equilíbrio, não podemos derivar seus estados através de equações que são invariantes no tempo, condição esta fundamental para as relações que determinam os estados de equilíbrio. Veremos logo abaixo que estados de fora do equilíbrio são determinados com equações invariantes à escala.

A hipótese da ergodicidade de sistemas dinâmicos, indo aos fundamentos para contrastar, estabelece que, para um sistema em que é dado um tempo assintótico para alcançar o equilíbrio, todos os seus estados possíveis têm o mesmo valor esperado, ou são equiprováveis. Nesta condição, em uma amostra suficientemente grande dos elementos que compõem tal sistema, estão presentes todas as propriedades estatísticas que caracterizam sua população matriz, seu espaço amostral ou espaço de estados possíveis (SALINAS, 2013). Em outras palavras, um sistema em equilíbrio apresenta seus momentos estatísticos bem definidos, com a média e a variância fixos ou invariantes no tempo. Para fora desses parâmetros ou escalas, ou para os estados que apresentam características por demais afastadas desses parâmetros, o processo gerador de tal equilíbrio não tem mais poder explicativo, ou seja, não existe sistema de fora do equilíbrio para o processo gaussiano.

Na distribuição gaussiana – o processo gerador dos eventos possíveis em sistemas em equilíbrio – a cauda de espalhamento da função densidade de probabilidade apresenta decaimento exponencial, de modo que, se um evento apresentar características que desviam da média para além, digamos, de seis desvios-padrões, tal acontecimento é dado como extremamente raro e chamado de isolado ou *outlier*. Mandelbrot e Taleb (2010), citados em Da Silva e Matsushita (2017), usam um exemplo bem simples para ilustrar o comportamento da distribuição de probabilidade gaussiana na ocorrência das alturas de pessoas escolhidas aleatoriamente. Considerando a média de altura das pessoas de 1,67 metros, com um desvio padrão de 8 a 10 centímetros, as chances levantadas para encontrar aleatoriamente alguém com

altura acima de três desvios-padrões, ou seja, medindo entre 1,91 e 1,97 metros é de 1 em 740 encontros. Essa probabilidade diminui bruscamente quando as chances de encontrar uma pessoa com altura acima de 6 desvios-padrões, entre 2,15 e 2,27 metros, contam com 1 evento em 1 bilhão. As chances diminuem exponencialmente na medida em que o desvio até a média aumenta. Encontrar aleatoriamente alguém medindo entre 2,23 e 2,37 metros de altura, distância de sete desvios-padrões da média, é um evento tão raro quanto 1 em 780 bilhões de encontros aleatórios.

Em sistemas críticos, as caudas das funções densidade de probabilidade que caracterizam a ocorrência dos eventos não decaem exponencialmente, neste caso o decaimento das caudas é constante. Da Silva e Matsushita (2017) citam outro exemplo de Mandelbrot e Taleb (2010) que especifica a distribuição de riqueza entre as pessoas em uma determinada economia. A distribuição de riqueza se manifesta em um sistema crítico como aleatoriedade do tipo II e seu espaço amostral de distribuição de riqueza ou seu processo gerador para os estados possíveis de riqueza não responde às distribuições gaussianas. Os autores alertam sobre confundir o tipo de aleatoriedade que governa uma variável aleatória. Eles explicam que isso traz sérias consequências se pensarmos que a aleatoriedade que cerca a riqueza é gaussiana quando não é. Ignorar isto tem implicações para a política econômica dirigida à eficácia dos programas de redução de desigualdade das riquezas, um tema que não caberia nesta monografia. No exemplo, eles então consideraram as chances levantadas para se encontrar um milionário na Europa nos dias atuais. Assim, para encontrar aleatoriamente alguém mais rico do que 2 milhões de euros, a chance é de 1 em 250 encontros. Encontrar alguém mais rico do que 4 milhões de euros, conta com uma chance em mil, e alguém com mais de 8 milhões de euros, uma chance em 4000 encontros. Resumindo, quando a riqueza é dobrada, a chance de encontrar alguém com uma riqueza maior do que tal magnitude cai quatro vezes. Percebemos então nos fenômenos críticos um decaimento bem mais lento e regular nas probabilidades de ocorrência, na medida em que os eventos se tornam mais extremos.

O primeiro estudo dessa característica nas distribuições com comportamento de decaimento constante foi publicado por Vilfredo Pareto em 1896. Ele foi o primeiro a sugerir uma distribuição de probabilidade com a forma

$$(1) \quad y = x^{-\nu}$$

Nesta equação, Pareto usou a variável y para representar o número de pessoas com riqueza maior ou igual a x . Tratando desta maneira de uma equação de potência, o expoente ν foi

levantado com um valor fixo de aproximadamente 1,5. Este é um expoente crítico chamado de expoente de Pareto para a distribuição de riqueza, também chamada de distribuição paretiana. Considerando uma situação semelhante para a distribuição de renda, Gabaix (2016) documentou um expoente de Pareto ν igual a 3 para a distribuição paretiana da renda.

Aplicando o operador logaritmo em ambos os lados da equação (1), chegamos na equação (2), expressa conforme a relação de igualdade abaixo

$$(2) \quad \log y = -\nu \cdot \log x$$

Esta equação representa uma simples reta de inclinação negativa. Gabaix (2016), comparando o comportamento da distribuição de riqueza paretiana com expoente ν igual a 1,5 com a distribuição de renda de expoente ν igual a 3, alerta que um expoente de Pareto menor representa uma maior desigualdade na distribuição, considerando que essa relação inversa surge do sinal negativo na potência. Portanto, a desigualdade de riqueza é maior do que a desigualdade de renda.

Este decaimento nas chances de se observar um evento em um sistema crítico é manifestado na distribuição da lei de potência ou na aleatoriedade selvagem do tipo II. A lei de potência é uma importante propriedade dos fenômenos que apresentam criticalidade, ou que se afastam lentamente do equilíbrio, onde as ações de cada parte do sistema são fortemente influenciadas pelas interações com as demais partes (GLERIA; MATSUSHITA; SILVA, 2004), também chamada em alguns sistemas de criticalidade auto organizada. Essa propriedade é tão importante que é batizada pela comunidade de “ubiquidade das leis de potência” (BUCHANAN, 2002) ou universalidade dos sistemas críticos (DA SILVA; MATSUSHITA, 2017). Na Figura 1, extraída de Newman (2005), vê-se um perfil de diversas ocorrências de lei de potência, geradas a partir de dados observacionais.

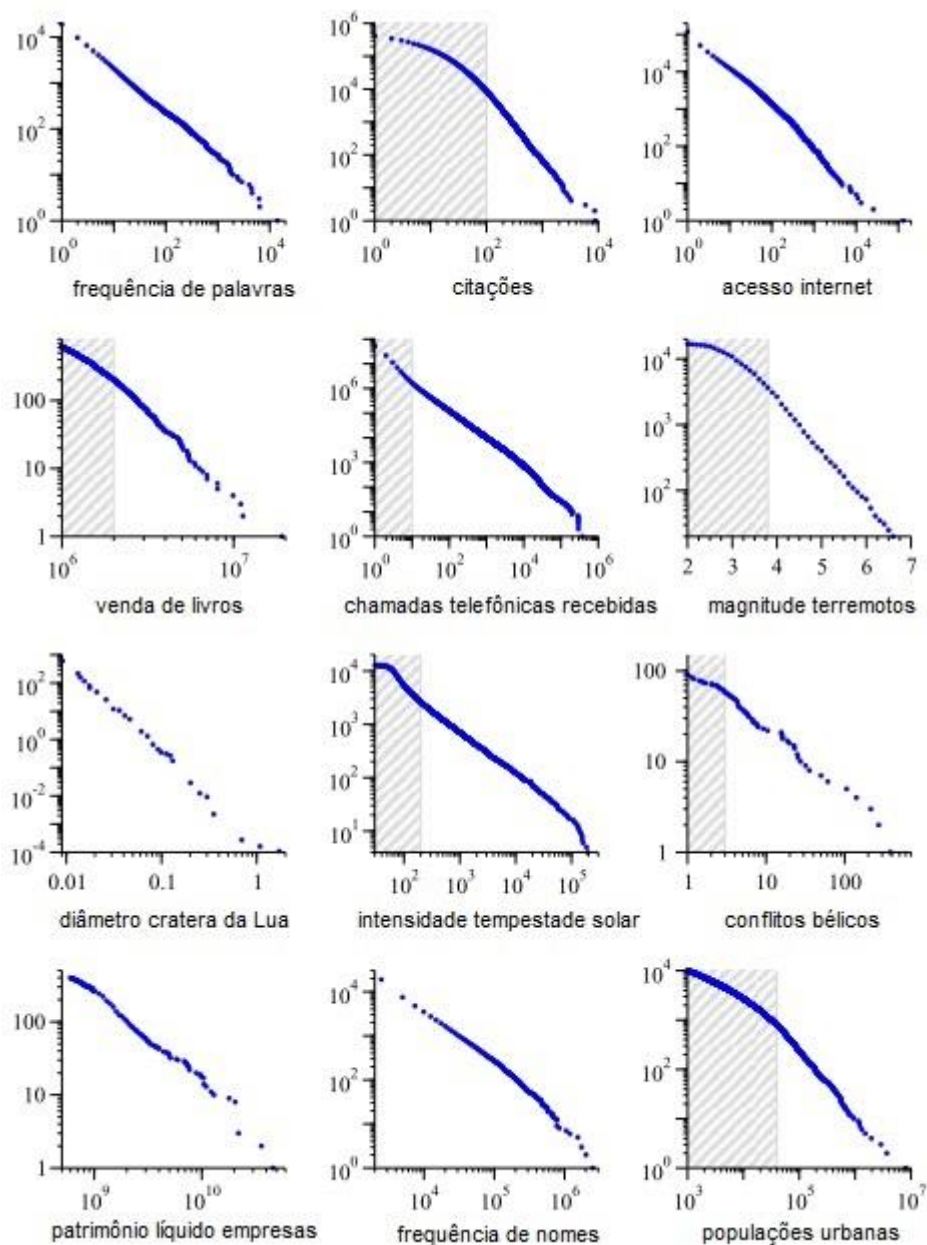


Figura 1. Ocorrência de leis de potência em diversos fenômenos.

Fonte: NEWMAN, 2005

Dada a presença ubíqua desse comportamento nos fenômenos à nossa volta, a exceção parece ser mais para as aleatoriedades amenas ou gaussianas e a regra para as distribuições em forma de leis de potência. Na Figura 2, extraída de Boisot e McKelvey (2010), vemos uma metáfora visual das diferenças no alcance de escala de um conjunto de objetos do processo gaussiano e os de um processo regido por distribuições de lei de potência.

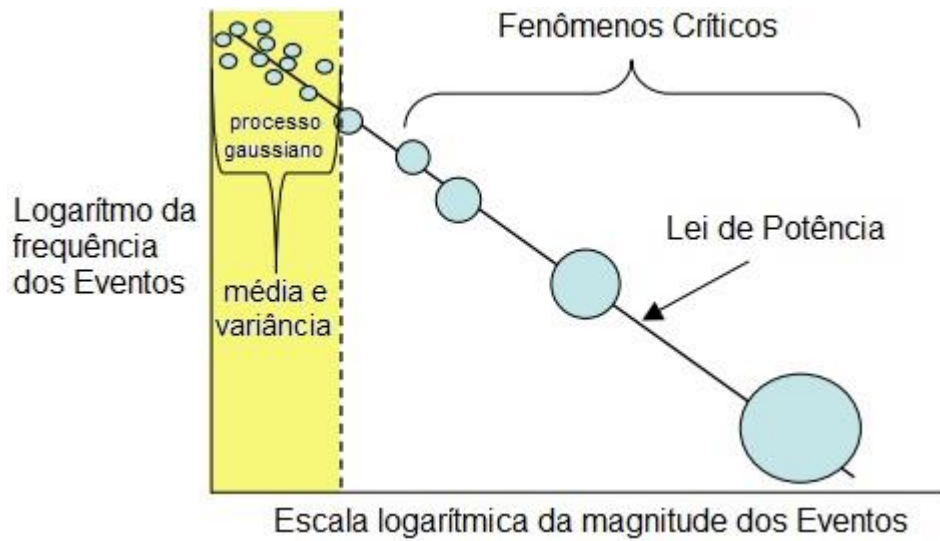


Figura 2. Processos gaussianos e a lei de potência.

Fonte: Boisot; McKelvey, 2010

2.2 APLICAÇÕES DAS LEIS DE POTÊNCIA

Da Silva e Matsushita (2017) oferecem uma maneira intuitiva de apreender o significado de uma lei de potência, usando a equação abaixo, apresentada por Buchanan (2002), entendida como uma forma prática de comunicar a lei de potência

$$(3) \quad \text{número crítico} = X^{\text{expoente crítico}}$$

Atribuindo um coeficiente constante c qualquer à variável X da equação (3), ou seja, escalonando o argumento X por um fator constante, $c \cdot X$, obtemos a mesma expressão multiplicada pela constante $c' = c^{\text{expoente crítico}}$, conforme se vê na equação (4):

$$(4) \quad c' \cdot X^{\text{expoente crítico}} = (c \cdot X)^{\text{expoente crítico}}$$

Essa relação manifesta a invariância à escala da lei de potência, de maneira que percebemos não importar o tamanho do argumento X , ou quão grande seja a ordem de grandeza da constante c , a distribuição de probabilidade que rege o fenômeno será invariante à escala. E algo ainda mais forte pode ser extraído da equação (4). Não importa qual o fenômeno crítico que esteja sendo estudado, nem qual a magnitude de tal fenômeno, das intensidades menores às

mais extremas, não há uma causa característica para uma determinada escala que a torne peculiar à explicação do processo gerador. Todas as escalas possíveis de manifestação de um fenômeno crítico são regidas através da mesma distribuição de probabilidade dada pela lei de potência. E esse pode aqui ser considerado um dos conceitos fundamentais da Econofísica.

De modo geral, então, podemos representar a probabilidade de ocorrência de um evento com magnitude maior do que X a ser realizado pela lei de potência, conforme a equação (5):

$$(5) \quad P(\text{magnitude} > X) = a \cdot X^{-\nu}$$

Retomando a comparação nas distribuições de riqueza, com $\nu = 1,5$, e de renda, com o expoente $\nu = 3$, aplicamos o que Gabaix (2016) concluiu sobre a desigualdade de riqueza ser maior do que a de renda. A partir da distribuição de probabilidade para a riqueza (w) maior do que um dado valor X , temos a lei de potência (6):

$$(6) \quad P(w > X) = a \cdot X^{-1,5}$$

Considerando então probabilidade de ocorrência de riqueza (w) maior do que o dobro do valor X , temos:

$$(7) \quad P(w > 2X) = a \cdot (2X)^{-1,5} = 2^{-1,5} \cdot a \cdot X^{-1,5} = 2^{-1,5} \cdot P(w > X) \approx 0,35 \cdot P(w > X)$$

Ao dobrar a riqueza de um portador qualquer, temos uma probabilidade 0,35 menor de ocorrência dessa riqueza em uma determinada economia.

Para a distribuição de renda (y), com o expoente paretiano $\nu = 3$, temos a lei de potência para ocorrência de uma renda de um portador qualquer maior do que um valor X dada por:

$$(8) \quad P(y > X) = a \cdot X^{-3}$$

E a probabilidade de ocorrência de uma renda (y) maior do que o dobro do valor X dada por:

$$(9) \quad P(y > 2X) = a \cdot (2X)^{-3} = 2^{-3} \cdot a \cdot X^{-3} = 2^{-3} \cdot P(y > X) = 0,125 \cdot P(y > X)$$

Das equações (7) e (9), resultantes da aplicação dos coeficientes paretianos $\nu = 1,5$ para a distribuição de riqueza, e $\nu = 3$ para a distribuição de renda, fica demonstrado que a probabilidade para um escalonamento na riqueza (o dobro, por exemplo) é relativamente maior do que a probabilidade para o escalonamento da renda. Isso indica que encontrar um portador com uma riqueza acumulada duas vezes maior do que a de outro portador, manifesta chances cerca de 4 vezes maiores do que a mesma relação de escala para a renda, denotando uma maior desigualdade para a riqueza em relação à desigualdade de renda, conforme Gabaix (2016). Em outros termos, é muito mais provável encontrar portadores de riqueza com diferentes escalas de valor, convivendo em uma determinada economia, do que portadores de fluxos de renda no mesmo perfil de escalonamento.

A próxima referência teórica importante a ser apresentada é a hipótese da granularidade proposta por Xavier Gabaix em 2011. Essa hipótese desafia a visão estabelecida na macroeconomia *mainstream*, segundo a qual as firmas individuais não podem afetar a economia agregada por estarem incondicionalmente limitadas a transmitir choques desprezíveis no agregado.

2.3 A HIPÓTESE DA GRANULARIDADE

É necessário destacar um aspecto chave das leis de potência para aproximar do objetivo específico desta monografia, referente ao perfil assimétrico das suas distribuições de frequência. Quando apresentado o processo gaussiano, muitos fenômenos considerados foram estudados, documentados e reunidos em torno de uma referência métrica ou uma escala típica que os configura e os categoriza, num valor típico em torno do qual tais métricas orbitam nos mais diversos domínios e contextos científicos. Como visto na Seção 2.1, para a distribuição das alturas das pessoas há um valor médio de 1,67 metros em torno do qual está centralizada a distribuição dos diversos valores de altura.

Apresentadas as distribuições de leis de potência, vimos que a propriedade de escalonamento remove esta característica de representatividade do valor médio. A chamada propriedade livre de escala das leis de potência (NEWMAN, 2005) prevê que fenômenos complexos possam variar em diversas ordens de grandeza ou escalar livremente sem que nenhuma magnitude tenha uma referência peculiar para a população considerada. Usando o exemplo de Gabaix (2016), visto para as distribuições de riqueza com o coeficiente de pareto

$v = 1,5$, podemos fazer um experimento mental, considerando uma situação em que um grupo de pessoas em uma sala de aula calcula a riqueza média dos presentes. Durante o levantamento do valor médio dessa riqueza, se entrasse na sala Jeff Bezos, com sua riqueza de 112 bilhões de dólares (FORBES, 2018) para divulgar um novo serviço da Amazon Educacional, ao incluirmos a riqueza do CEO da Amazon no cálculo da média de riqueza dos presentes, todos seriam imediatamente incluídos na lista de bilionários da Forbes? É claro que não. Continuaría a haver somente um bilionário presente em sala. A presença do Presidente de uma das maiores lojas de comércio eletrônico do mundo na sala de aula hipotética deslocaria a média para Bezos, gerando um histograma semelhante ao da Figura 3, de Benhabib; Bisin et al. (2015), para a distribuição de riqueza nos Estados Unidos. Nesse histograma, Jeff Bezos ocuparia a ponta extrema direita da cauda de distribuição, além da escala referenciada no eixo horizontal da figura.

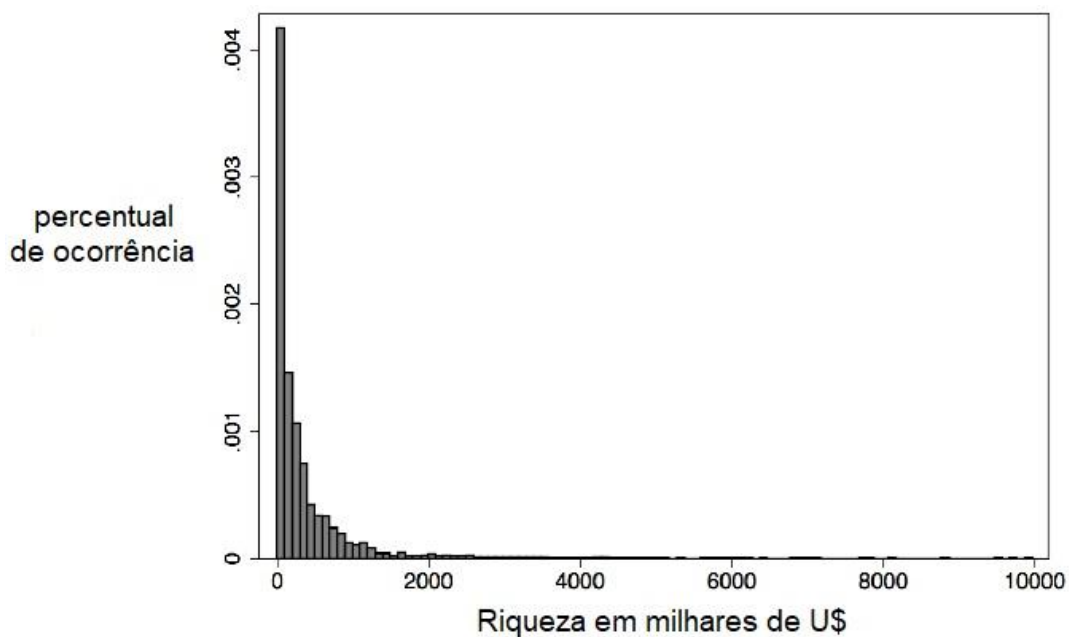


Figura 3. Histograma da distribuição de riqueza.

Fonte: BENHABIB; BISIN et al., 2015

Uma aplicação importante dessa característica de assimetria nas distribuições das leis de potência foi proposta por Gabaix (2011). Este professor da Universidade de Harvard sugere uma nova direção para pesquisas em macroeconomia ao apontar que problemas macroeconômicos podem ser elucidados considerando o comportamento das grandes firmas.

Gabaix (2011) propõe assim uma origem micro para os choques agregados, desenvolvendo a visão na qual uma parte significativa das flutuações agregadas estão ligadas diretamente aos choques individuais das firmas dominantes. Nessa perspectiva, aplicando o que

se viu sobre as distribuições das leis de potência, os choques no Produto Interno Bruto de uma economia, mesmo sendo resultado de uma imensa variedade de eventos, podem ser rastreados através do comportamento das grandes firmas.

Nas economias modernas, dominadas pelas grandes firmas, rastrear os choques distintos dessas unidades pode levar ao que Gabaix chama de conhecer os choques não triviais ou choques fundamentais de uma economia (GABAIX, 2011), e ele oferece vários exemplos. As duas principais firmas da Coreia, Samsung e Hyundai, somam isoladas 35% das exportações do país, e as receitas dessas mesmas duas firmas alcançam a participação em 22% do PIB coreano (DI GIOVANNI; LEVCHENKO, 2009). No Japão, as dez maiores firmas participam de 35% das exportações totais do país. Nos Estados Unidos, as receitas das 50 maiores firmas decidem pelo resultado de 25% do Produto Agregado, enquanto os resultados das 100 maiores, chegam ao terço do total (GABAIX, 2011). A Figura 4 mostra a persistência da expressão produtiva das maiores empresas na participação do PIB americano ao longo de quatro décadas.

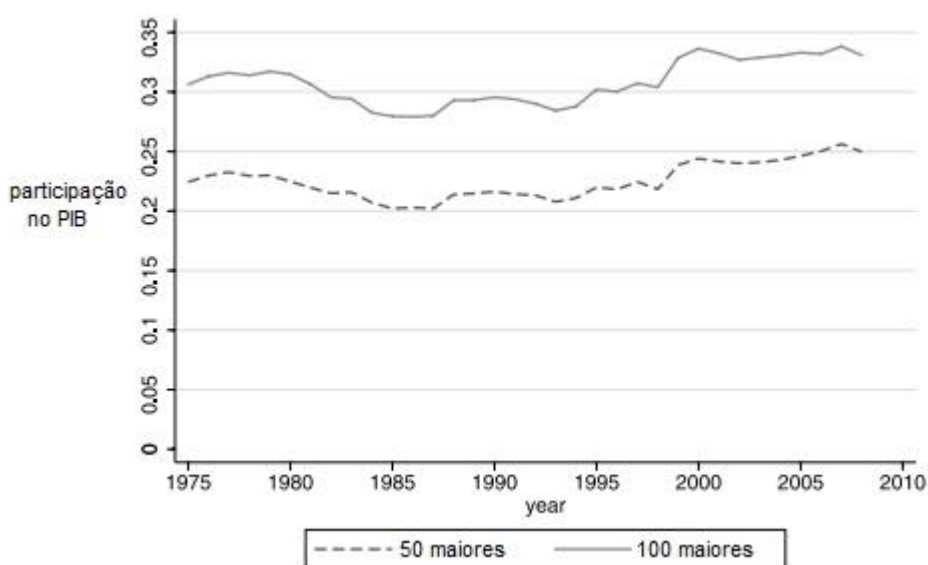


Figura 4. Participação das firmas no PIB americano.

Fonte: GABAIX, 2011

Da Silva e Matsushita (2017) contrastam a proposição da volatilidade granular ou fundamental com a metodologia predominante na macroeconomia, para a qual as firmas individuais não podem ter suas atividades rastreadas no comportamento do agregado, por considerar existirem milhões de firmas, onde as diversas decisões idiossincráticas tendem a cancelar ou dispersar os choques em conjunto. Por consequência, o sinal da expressão produtiva das firmas no nível agregado é difuso e desprezível. Gabaix (2011) defende, por sua vez, que

muitas flutuações econômicas, dado o perfil das leis de potência para o tamanho das firmas, podem ser atribuídas aos grãos incompressíveis da atividade econômica: esses grãos são as grandes firmas e essa é, então, a chamada Hipótese da Granularidade.

Acemoglu; Carvalho et al. (2012), usando uma abordagem de redes de setores interconectados, mostram que as relações entre setores, representados por uma rede, têm suas conexões em números distribuídos em lei de potência, semelhante ao que Albert e Barabasi levantaram no estudo do padrão de acesso de *sites* na internet (ALBERT; BARABASI, 2002), para o qual são relativamente poucos os sites que somam a grande maioria dos acessos na rede de computadores. A presença de grandes pontos de conexão em uma rede desse tipo (chamados *hubs*) pode desafiar o fundamento macroeconômico predominante dos efeitos desprezíveis dos choques individuais. Os autores mostram como os choques microeconômicos são transmitidos para a volatilidade agregada em uma rede, através de uma chamada “cascata de volatilidade”.

Da Silva et al. (2018) testaram a hipótese da granularidade para as receitas líquidas das mil maiores firmas brasileiras, encontrando uma lei de potência com expoente de Pareto $\nu = 1$, conhecida como lei de Zipf, e corroborando o comportamento esperado pela hipótese da granularidade. A Figura 5 mostra que o ajuste das distribuições das receitas líquidas à lei de Zipf é uma indicação forte para a validade da existência dos grandes grãos de Gabaix.

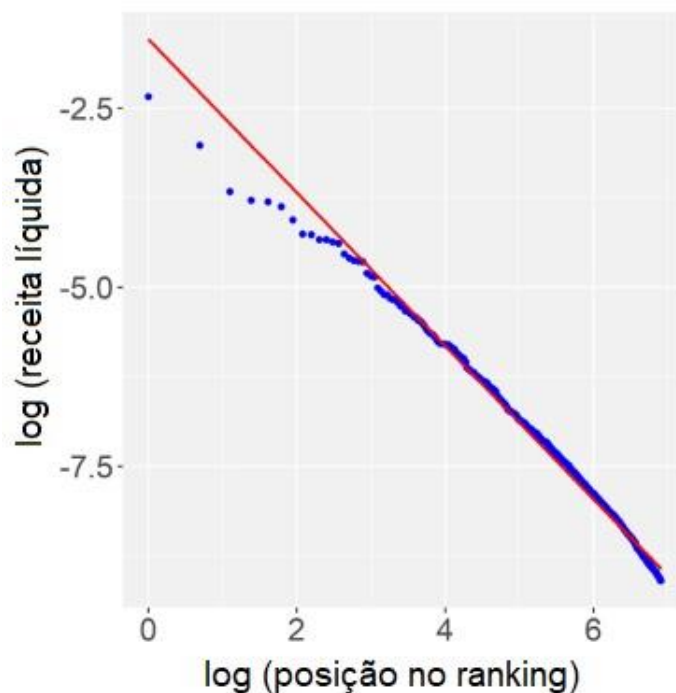


Figura 5. Reta log-log das 1000 maiores empresas brasileiras.

Fonte: DA SILVA et al., 2018.

2.4 A VOLATILIDADE GRANULAR

Ao considerar a hipótese da granularidade para expressar a parcela das flutuações macroeconômicas resultantes dos choques de atividade dos grandes grãos, Carvalho e Gabaix (2013) propõem uma medida de volatilidade agregada derivada apenas de choques microeconômicos. Eles batizam essa medida microfundamentada de Volatilidade Granular ou Volatilidade Fundamental. As flutuações do crescimento da economia poderiam, nessa hipótese, estar relacionadas por um multiplicador de produtividade (μ) sobre das flutuações fundamentais, conforme a equação (10):

$$(10) \quad \sigma_{Y_t} = \mu \cdot \sigma_{F_t}$$

Na equação (10), as flutuações agregadas são dadas, em determinado período t , por σ_{Y_t} , relacionadas às flutuações fundamentais σ_{F_t} através do multiplicador de produtividade μ , para o qual Carvalho e Gabaix (2013) atribuem o valor $\mu = 4,5$ para a economia americana.

Por hipótese, os autores consideram que, se os choques agregados surgem em parte de choques microeconômicos, então a volatilidade agregada deve carregar um rastro da volatilidade fundamental. A definição matemática de volatilidade fundamental é dada na equação (11):

$$(11) \quad \sigma_{F_t} = \sqrt{\sum_i \left(\frac{S_{it}}{\text{PIB}_t} \right)^2 \sigma_i^2}$$

Nesta equação, S_{it} é a Receita Operacional Bruta do setor i , ou a soma do Valor Agregado Bruto com os Gastos Operacionais. A razão $\left(\frac{S_{it}}{\text{PIB}_t} \right)$ é conhecida na literatura com o nome de “Peso de Domar” e identificada como um calibre adequado para o impacto do choque microeconômico de um setor (Domar, 1961). O fator σ_i é o desvio padrão da Produtividade Total dos Fatores (PTF) no setor i . Portanto, o comportamento da volatilidade fundamental σ_{F_t} expressa as mudanças nos pesos de participação dos diferentes setores da economia. Na escala microeconômica, a volatilidade da PTF é mantida constante no tempo para cada setor. Carvalho e Gabaix (2013) mostram que os choques de produção são transmitidos no aumento da receita

operacional bruta (S_i) e não apenas no valor adicionado Y_i . Essa abordagem dispensa o uso de matrizes insumo-produto.

Carvalho e Gabaix (2013) consideram que o conceito de setores da economia possa ser uma construção arbitrária e aponta que a volatilidade fundamental que responde pelos choques das grandes firmas está refletida diretamente na produtividade dos setores, dado que esses resultados são reflexos majoritários das grandes firmas.

A volatilidade fundamental, portanto, é um instrumento simples quando colocado de frente com a complexa tarefa de analisar a volatilidade do PIB.

Gabaix (2011) sugere que a volatilidade fundamental pode servir como uma ferramenta complementar para outros muitos métodos desenvolvidos com o mesmo fim de analisar a volatilidade dos ciclos reais da economia.

3 METODOLOGIA

Em direção aos objetivos especificados na introdução, levantar a volatilidade fundamental anual da economia brasileira, foi elaborada uma pesquisa bibliográfica com a finalidade de relatar a origem dos conceitos e referenciar os fundamentos da Econofísica, tais como a lei de potência, a hipótese da granularidade e a volatilidade fundamental. O referencial teórico apresentado também procura dar um contexto para a aplicação desenvolvida por Carvalho e Gabaix (2013), na proposta de análise macroeconômica microfundamentada, apoiada na hipótese da granularidade, que se traduz na busca, aqui, por comparar flutuações no produto agregado com as flutuações dos produtos setoriais da economia brasileira entre os anos 2000 e 2015.

Para levantar as flutuações do produto agregado e dos produtos setoriais foram realizadas pesquisas dirigidas ao levantamento dos dados observacionais que registrassem o produto anual dos setores da economia brasileira, incluindo serviços financeiros, o produto agregado anual dos anos correspondentes e as variações na Produtividade Total dos Fatores no período estudado.

Dados observacionais do produto agregado trimestral foram obtidos através do pacote *Brazilian Economic Time Series* (FERREIRA; ESPERANZA; COSTA, 2016), que reúne bases de dados do Banco Central, IBGE e FGV, desenvolvido para operação no *software* R. A série encontrada através de busca da palavra chave “PIB” utilizando a função *BETSsearch* foi a série identificada com o número 22099, referente ao índice do PIB trimestral com base em 1995 (Figura 6).

Os dados observacionais referentes aos produtos brutos (S_{it}) dos setores da economia foram obtidos no Sistema de Contas Nacionais (SCN) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), nas tabelas de usos e recursos dos setores econômicos, disponíveis para os anos 2000 a 2015, com os valores correntes trazidos para ano 2015 via índice IGP-M (FGV). A base do SCN divide a economia em 51 setores, identificados conforme a Tabela 1. Contudo, foram dispensados os setores públicos de educação, saúde e administração, e considerados somente os setores mercantis, para seguir o mesmo desenho de experimento proposto por Carvalho e Gabaix (2013).

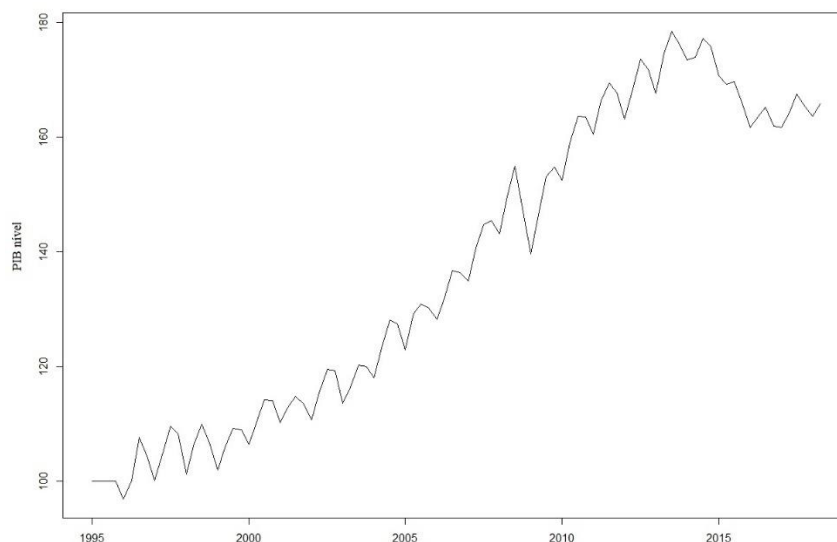


Figura 6. PIB brasileiro em nível da série 22099 do pacote BETS.

Tabela 1. Divisão do SCN em 51 setores da economia brasileira

Divisão em setores da economia pelo Sistema de Contas Nacionais (IBGE, 2018)				
Agricultura, Silvicultura e Exploração Florestal	Produtos de Madeira - exclusive móveis	Tintas, Vernizes, Esmaltes e Lacas	Automóveis, Caminhonetas, Caminhões e Ônibus	Atividade Imobiliárias e Aluguéis
Pecuária e Pesca	Celulose e Produtos de Papel	Produtos e Preparados químicos diversos	Pecas e Acessórios para veículos automotores	Serviços de Manutenção e Reparação
Petróleo e Gás natural	Jornais, Revistas, Discos	Artigos de Borracha e Plástico	Outros equipamentos de transporte	Serviços de Alojamento e Alimentação
Minério de Ferro	Refino de Petróleo e Coque	Cimentos e outros Produtos de minerais não metálicos	Móveis, Produtos das Indústrias diversas	Serviços prestados às Empresas
Outros da Indústria extrativa	Álcool	Fabricação de Aço e derivados	Produção e distribuição de Eletricidade, Gás, Água, Esgoto e Limpeza urbana	Educação Mercantil
Alimentos e Bebidas	Produtos químicos	Metalurgia de Metais não-ferrosos	Construção Civil	Saúde Mercantil
Produtos do Fumo	Fabricação de Resina de elastômeros	Produtos de Metal - exclusive máquinas e equipamentos	Comércio	Serviços prestados às famílias e associativas
Têxteis	Produtos Farmacêuticos	Máquinas e Equipamentos - incluída manutenção e reparos	Transporte, Armazenagem e Correio	Serviços Domésticos
Artigos do Vestuários e acessórios	Defensivos Agrícolas	Eletrodomésticos e Material eletrônico	Serviço de Informação	Educação Governamental
Artefatos de couro e Calçados	Perfumaria, Higiene e Limpeza	Máquinas para Escritório, Aparelhos e Material Eletrônico	Intermediação Financeira, Seguros, Previdência complementar e Serviços relacionados	Saúde Governamental
				Administração Governamental

Fonte: IBGE, 2018.

As células destacadas em cinza na Tabela 1 correspondem aos setores cujas variações na Produtividade Total dos Fatores tiveram uma via disponível para obtenção de dados experimentais.

Dados referentes às variações no período da Produtividade Total dos Fatores, em cada um dos 48 setores (σ_i) considerados, são necessários para compor os fatores da equação da volatilidade fundamental (σ_{F_t}).

As volatilidades do crescimento do PIB (σ_{Y_t}) foram calculadas seguindo a metodologia de Carvalho e Gabaix (2013), que consideraram uma decomposição do componente cíclico da série. Para isso, foi utilizada uma ferramenta de análise de séries temporais chamada de filtro Hodrick-Prescott (ou filtro HP), que calcula o referencial de tendência cíclica em torno da qual os desvios são especificados. O filtro HP, usado especialmente em Teoria dos Ciclos Reais de Negócios, separa um componente cíclico das séries temporais (Figura 7).

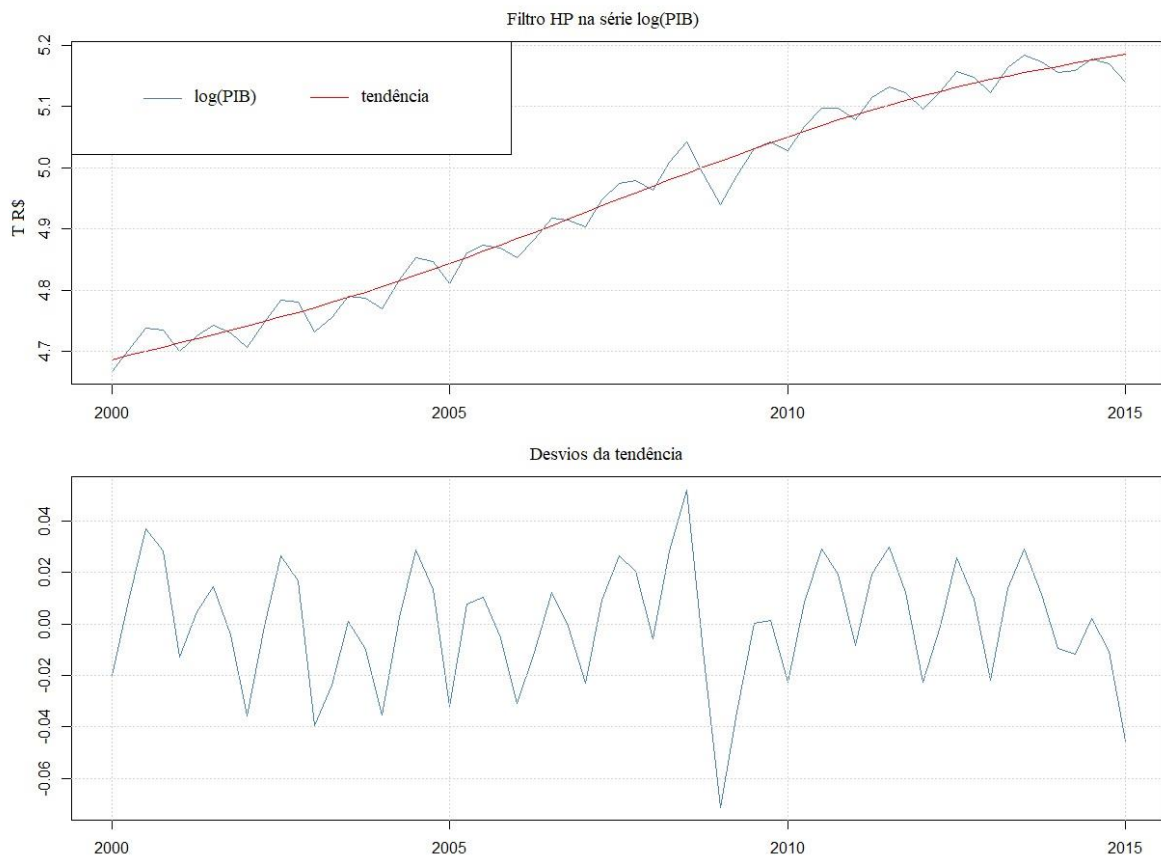


Figura 7. Aplicação do Filtro HP no logaritmo do nível do PIB e desvios da tendência.

Os desvios da tendência cíclica foram calculados através do pacote mFilter (BALCILAR, 2018) usando a série do PIB trimestral. Com os desvios obtidos da decomposição HP, foram calculados os desvios-padrões de cada trimestre utilizando uma janela móvel, com centro em um dos trimestres da série, e largura de oito defasagens trimestrais anteriores e oito defasagens trimestrais posteriores, relativas ao centro. Para levantar a volatilidade agregada anual (σ_{Y_t}) foi calculada, então, uma média entre os quatro desvios-padrões trimestrais de cada ano, referentes aos quatro centros da janela passante por cada ano.

Para o cálculo das volatilidades granulares ou fundamentais anuais, a equação (11) fica melhor visualizada em sua estrutura quando colocada em forma matricial:

$$(12) \quad \begin{pmatrix} \sigma_{F_1}^2 \\ \sigma_{F_2}^2 \\ \vdots \\ \sigma_{F_t}^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \left(\frac{S_{11}}{PIB_1}\right)^2 & \left(\frac{S_{21}}{PIB_1}\right)^2 & \dots & \left(\frac{S_{i1}}{PIB_1}\right)^2 \\ \left(\frac{S_{12}}{PIB_2}\right)^2 & \left(\frac{S_{22}}{PIB_2}\right)^2 & \dots & \left(\frac{S_{i2}}{PIB_2}\right)^2 \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \left(\frac{S_{1t}}{PIB_t}\right)^2 & \left(\frac{S_{2t}}{PIB_t}\right)^2 & \dots & \left(\frac{S_{it}}{PIB_t}\right)^2 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \sigma_1^2 \\ \sigma_2^2 \\ \vdots \\ \sigma_i^2 \end{pmatrix}$$

A matriz de variâncias das Produtividades Totais dos Fatores dos setores, seguindo a concepção de Carvalho e Gabaix (2013), permanece com os valores σ_i^2 constantes para todos os anos do período. Os autores explicam que isso se deve às características do modelo que trata as variações da PTF como um comportamento da escala macro, com frequência de variação mais lenta e fixas ao longo dos anos.

A matriz construída com os quadrados dos pesos de Domar $\left(\frac{S_{it}}{PIB_t}\right)$, chamada aqui de “matriz de pesos de Domar”, carrega a figura dos choques dos setores no sentido de que as variâncias das PTF dos setores (σ_i^2) permanecerão constante e só amplificarão a figura dos choques, estas sim dadas pela relação entre a receita bruta de cada setor (S_{it}) e o PIB do período. A figura do choque é a informação característica do comportamento do setor, semelhante à figura de sinal processado em uma onda portadora de sinal (YOUNG, 2006). Podemos imaginar como comparação uma série de Fourier com seus coeficientes fazendo o papel aqui dos σ_i^2 e os fatores da função correspondendo aos pesos de Domar $\left(\frac{S_{it}}{PIB_t}\right)$.

Pelo que foi apresentado em relação às leis de potência, é esperado da matriz de variâncias da PTF (σ_i^2), que as suas magnitudes também estejam distribuídas em leis de

potência. É razoável considerar que, entre os setores, as PTF são diferentes e que existam setores que inovem mais do que outros de forma escalonada. No Brasil, o setor financeiro pode ser um forte candidato a ocupar as posições mais altas do *ranking* de maiores PTF, ou seja, é um forte candidato a ser um grande grão da economia brasileira.

4 RESULTADOS

Para o cálculo da volatilidade do PIB, foi utilizada uma janela de tempo que pareasse com a janela de tempo dos dados disponibilizados pelo SCN para a produção dos setores, de 2000 a 2015.

Os desvios em relação à tendência cíclica foram obtidos na aplicação do filtro HP via pacote mFilter (BALCILAR, 2018), através da aplicação da função hpfilter. Uma parte do relatório de resultados da aplicação do filtro no logaritmo da série do PIB é apresentada na Figura 8. Para rodar a função, um parâmetro a ser passado é a frequência, e aqui é usado o valor recomendado de $f = 1600$ (CARVALHO; GABAIX, 2013).

```
> hpf_pib <- hpfilter(log(pib_22099), freq = 1600)
> hpf_pib
```

Title:
Hodrick-Prescott Filter

Call:
hpfilter(x = log(pib_22099), freq = 1600)

Method:
hpfilter

Filter Type:
lambda

Series:
log(pib_22099)

	log(pib_22099)	Trend	cycle
2000 Q1	4.667	4.687	-0.0199463
2000 Q2	4.703	4.694	0.0087885
2000 Q3	4.738	4.701	0.0371041
2000 Q4	4.736	4.708	0.0284852
2001 Q1	4.701	4.714	-0.0129237
2001 Q2	4.726	4.721	0.0046751
2001 Q3	4.742	4.728	0.0144262
2001 Q4	4.731	4.735	-0.0041841
2002 Q1	4.706	4.742	-0.0358094
2002 Q2	4.748	4.749	-0.0007401
2002 Q3	4.783	4.757	0.0266833
2002 Q4	4.781	4.764	0.0169192

Figura 8. Cabeçalho do relatório da função hpfilter com os desvios da tendência.

Para o cálculo do desvio-padrão de uma janela móvel foram usadas oito defasagens trimestrais anteriores e oito defasagens trimestrais posteriores no tempo, em relação ao trimestre tomado como centro da janela. Para calcular os valores próximos aos extremos da série, foram usados dados para fora do período 2000-2015, de modo a completar os elementos da janela.

A tendência levantada pelo filtro HP é a referência de primeiro momento estatístico em relação à qual o desvio é calculado. Por isso, o desvio-padrão da janela móvel é obtido

elevando ao quadrado diretamente o valor do desvio retornado no relatório da ferramenta computacional. Considerando a janela móvel como uma população de 17 elementos, referente ao centro da janela móvel e às 16 defasagens, a equação (13) apresenta a composição do cálculo do desvio-padrão do trimestre central da janela móvel:

$$(13) \quad \sigma_{\text{trimestre janela móvel}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{17} d_j^2}{17}}$$

O desvio-padrão anual é então calculado com uma média aritmética dos quatro desvios-padrões de cada trimestre central da janela móvel. Os resultados dos desvios-padrões anuais são as flutuações que refletem a volatilidade do PIB, em relação à tendência calculada no filtro HP. Para dispor os valores em um gráfico, foi subtraído o valor médio (*demeaned*), seguindo o desenho do experimento de Carvalho e Gabaix (2013). Na Figura 9 mostramos a volatilidade anual do PIB subtraindo a média do desvio-padrão anual.

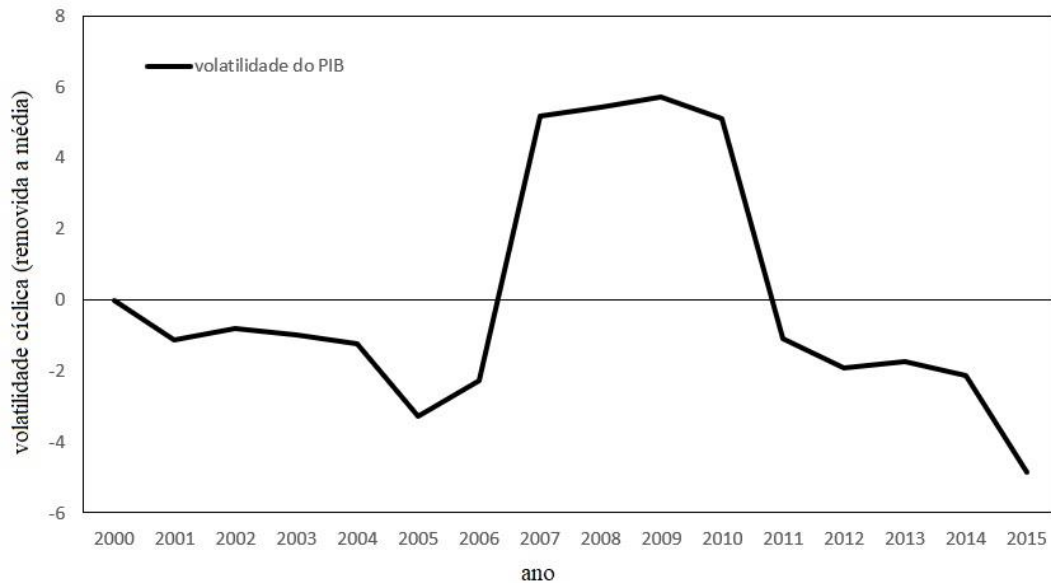


Figura 9. Volatilidade cíclica do PIB removida a média do desvio-padrão anual.

A volatilidade do PIB calculada mostra um período de alta volatilidade entre os anos 2006 e 2010 e também um recuo na volatilidade a partir do ano 2010. O comportamento da curva se assemelha aos resultados obtidos em um estudo sobre a volatilidade do PIB brasileiro, realizado pela economista Carolina Utumi (UTUMI, 2014).

As maiores dificuldades para se aproximar dos objetivos específicos surgiram no cálculo da volatilidade fundamental. Este foi o maior problema enfrentado, dadas as limitações no levantamento do desvio-padrão da Produtividade Total dos Fatores. Visto na equação (11), a volatilidade fundamental tem como um fator amplificador de choque o desvio-padrão da PTF.

Foram encontrados em um Texto para Discussão (TD 2193) do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) os valores nas variações da PTF em relação a uma tendência modelada para os anos 1995 e 2009, para 22 setores da economia brasileira (BAHIA, 2016). Os valores não correspondem à janela de tempo referente aos dados utilizados aqui, da produção setorial da tabela de usos e recursos do SCN. Contudo, com a finalidade de experimentar resultados, essas variações foram consideradas como os desvios dos quais foram tomados o valor absoluto para atribuir aos σ^2_i . Na Tabela 2 apresentamos os valores de variação da PTF no período 1995 a 2009.

Tabela 2. Variação da PTF no período 1995 a 2009.

Setor	Variação da PTF	Setor	Variação da PTF
Agricultura, silvicultura exploração florestal	6,4	Produtos farmacêuticos	4,8
Pecuária e pesca	5,95	Artigos de plástico	5,04
Petróleo e gás natural	6,85	Cimento e outros produtos de minerais não-metálicos	1,02
Minério de ferro	4,4	Fabricação de aço e derivados	3,49
Têxteis	2,25	Metalurgia de metais não- ferrosos	3,27
Artigos do vestuário e acessórios	2,2	Máquinas e equipamentos incluída manutenção e reparos	1,03
Artefatos de couro e calçados	3,79	Eletrodomésticos e material eletrônico	2,45
Produtos de madeira	-0,08	Máquinas para escritório e material eletrônico	0,2
Celulose e produtos de papel	4,8	Automóveis camionetas caminhões e ônibus	2,36
Refino de petróleo e coque	0,47	Piças e acessórios para veículos automotores	0,65
Produtos químicos	1,38	Construção civil	9,68

Fonte: BAHIA (2016).

Foram realizadas duas tentativas de levantamento dos choques da volatilidade fundamental, utilizando os dados disponíveis. A primeira realizada com somente os desvios dos 22 setores, conjuntamente com seus valores dos pesos de Domar correspondentes $\left(\frac{S_{it}}{PIB_t}\right)$, obtidos no Sistema de Contas Nacionais do IBGE. Com os valores das volatilidades fundamentais anuais foi gerada a Figura 10.

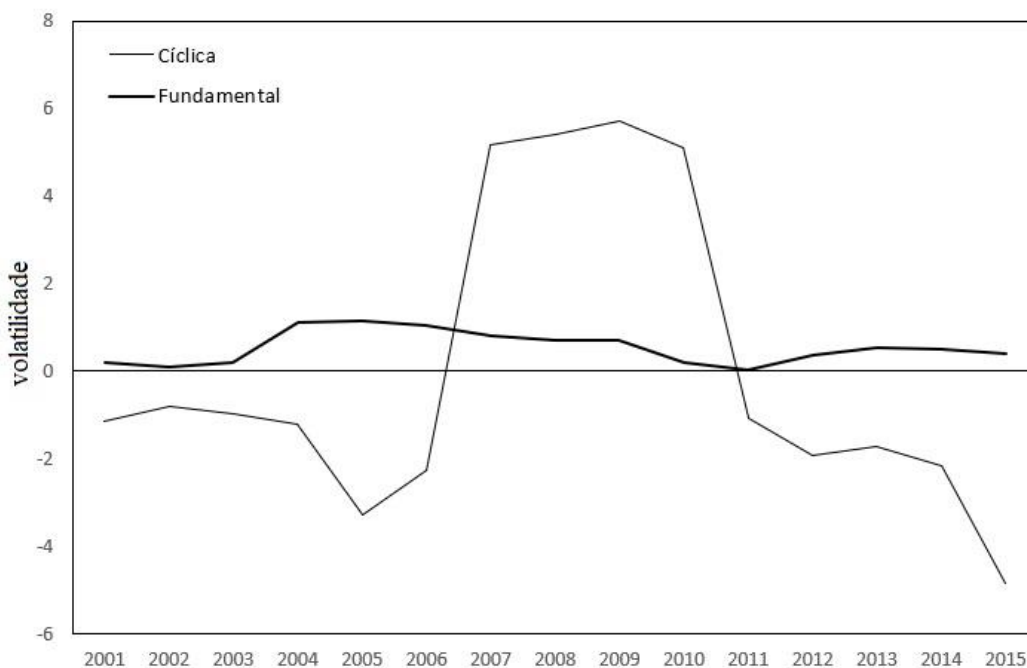


Figura 10. Volatilidade fundamental calculada com 22 setores.

O que se vê é que os choques traduzidos nos dados observacionais não conseguem rastrear os choques na volatilidade do PIB. Em alguns intervalos, tal como o ano de 2004, os choques agregados estão na direção oposta aos choques macro.

Uma outra tentativa de levantamento dos choques da volatilidade fundamental foi realizada considerando a hipótese da granularidade. Na tentativa de melhorar o rastreamento da volatilidade fundamental, foi criada uma variação da PTF para o setor financeiro com a magnitude de duas vezes o valor da variação da PTF para o Setor de Construção Civil, seguindo os resultados apresentados por Bahia (2016) no TD2193 do IPEA. O setor financeiro é um grande grão da economia e não pode ser deixado de fora da expressão da volatilidade fundamental.

Para avaliar a consistência da aplicação da hipótese granular nesse *ansatz* (palpite bem informado) foram ranqueados os valores observacionais das variações na PTF. As curvas na Figura 11 apresentam as distribuições em nível e em logaritmo.

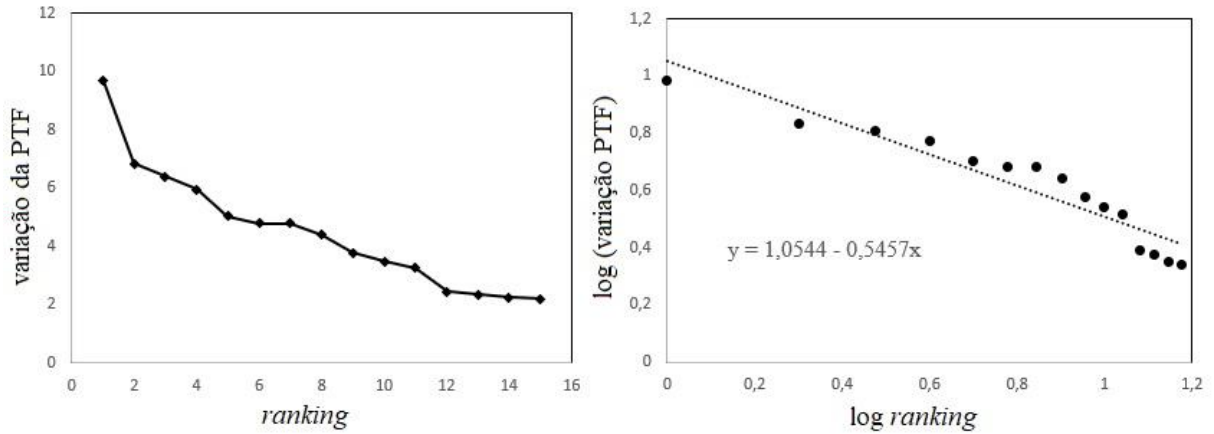


Figura 11. Ranqueamento das variações da PTF apresentadas no relatório de Bahia (2016).

Bahia (2016) levantou uma variação de 9,68 para a construção civil, e aqui foi então estilizado uma magnitude de 20 unidades para a volatilidade na PTF do setor financeiro. É consolidado na literatura técnica, e mesmo para os práticos do setor financeiro, tal como jornalistas, que a produtividade desse setor é uma das maiores, senão a maior da economia brasileira. Com essa hipótese, foi calculada a nova volatilidade fundamental e aplicada à matriz de pesos de Domar dos 23 setores (22 anteriores mais o setor financeiro sintético) e apresentada na Figura 12.

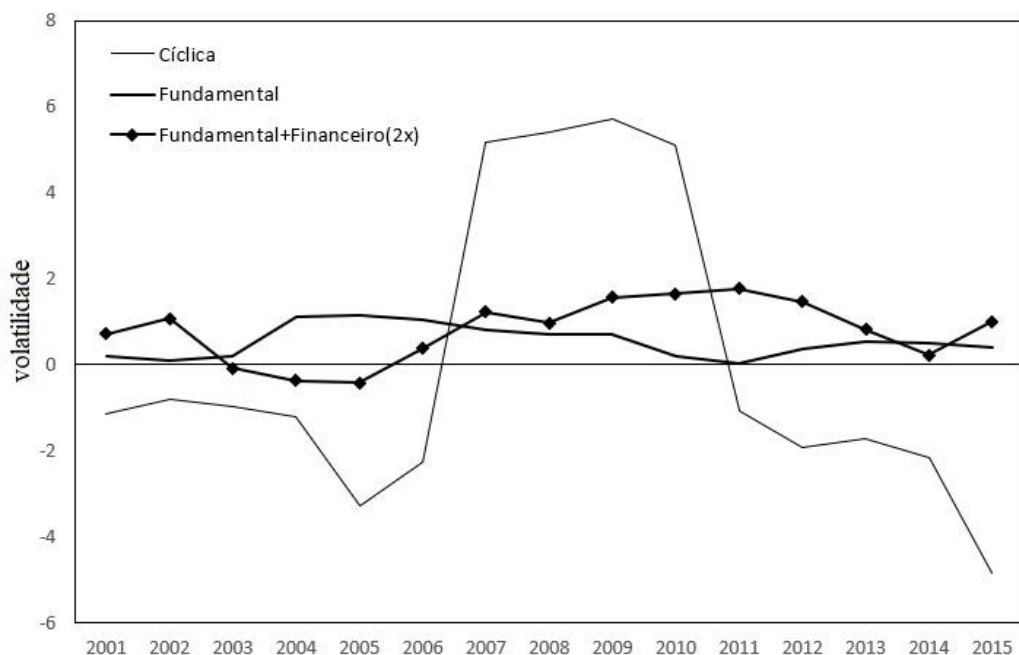


Figura 12. Volatilidade fundamental para 22 setores mais financeiro hipotético.

O que se pode observar é a volatilidade fundamental, criada na hipótese do parágrafo anterior e representada na Figura 12 pela linha com marcadores, indicar um suave rastreamento da volatilidade do PIB, passando a acompanhar a volatilidade agregada. Deste modo, esta hipótese se mostra minimamente razoável pela melhoria no rastreamento da volatilidade do PIB, que contorna uma limitação referente à ausência de dados de variação da PTF do setor financeiro, central para o comportamento da macroeconomia, sabendo que esse é um grande grão na economia brasileira.

Estendendo a hipótese da variação da PTF do setor financeiro em relação ao setor de construção civil, tomando como pano de fundo a característica das distribuições em leis de potência, foi considerado que o setor financeiro possa vir a ter uma variação da PTF de 4 vezes a magnitude da variação da PTF do setor de construção civil, ou seja, a variação da PTF do setor financeiro é igual a 40. Com essa hipótese foi calculada novamente a volatilidade fundamental, aplicando esse coeficiente aos pesos de Domar de cada ano do setor financeiro, disponíveis a partir das tabelas de usos e recursos dos setores econômicos do SCN e organizadas na matriz de Domar. A curva da volatilidade fundamental resultante é apresentada na Figura 13.

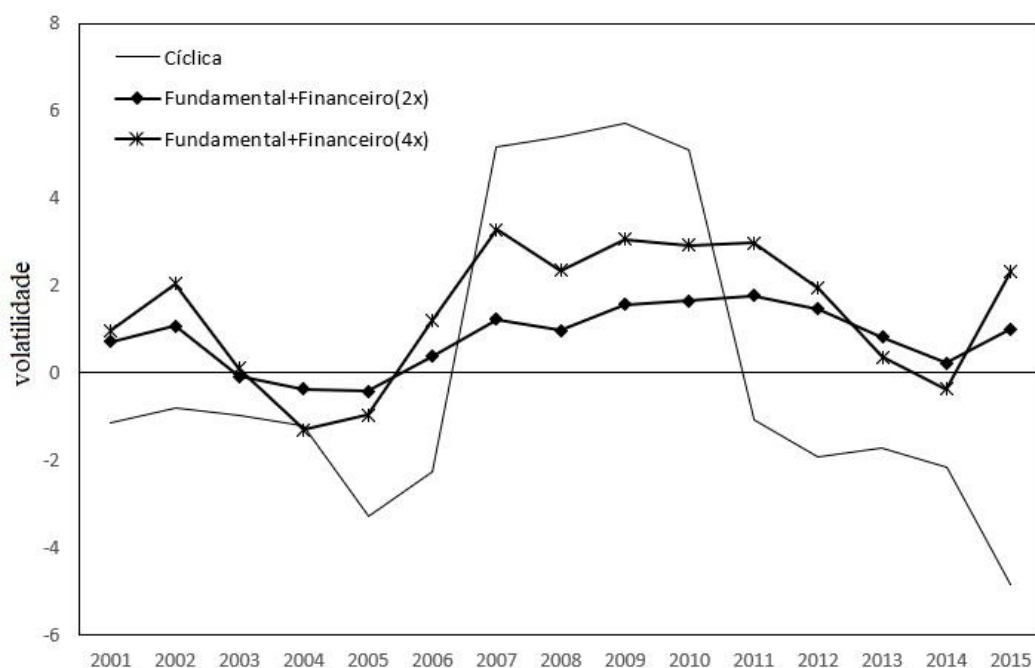


Figura 13. Comparação dos pesos 2 e 4 do grão financeiro sobre $\sigma^2_{Construção Civil}$.

5 CONCLUSÃO

O levantamento da volatilidade fundamental, seguindo o modelo desenhado por Carvalho e Gabaix (2013), depende diretamente da disponibilidade de dados observacionais das receitas brutas dos setores e, principalmente, de dados que expressem as variações na Produtividade Total dos Fatores.

Os dados observacionais encontrados para realização desse estudo registram a produção em valores correntes de 48 setores da economia brasileira e foram usados aqui para o levantamento da matriz de pesos de Domar. Para variações da Produtividade Total dos Fatores, outra parte importante no cálculo da volatilidade granular, foram encontrados somente dados observacionais, registrando variações em 22 setores reais da economia. Os setores reais incluem grãos de expressão no comportamento macroeconômico, dado que registram receitas consideráveis no Sistema de Contas Nacionais. Contudo, isolados do setor financeiro, não resultaram em bom rastreamento da volatilidade granular.

Para ter uma volatilidade granular com bom rastreamento da volatilidade agregada é fundamental contar com dados observacionais das variações na PTF do setor financeiro.

Em pesquisa futura, devem ser adicionados dados observacionais referentes às variações na PTF do grão do setor financeiro, além dos outros 25 setores faltantes para completar os 48 setores apresentados na divisão do SCN.

REFERÊNCIAS

ACEMOGLU, D. et al. The Network Origins of Aggregate Fluctuations. **Econometrica**, v. 80, n. 5, p. 1977–2016, 2012.

ALBERT, R.; BARABASI, A.-L. Statistical mechanics of complex networks. **Reviews of Modern Physics**, v. 74, n. 1, p. 47–97, 2002.

BAHIA, L. D. **Evolução da Produtividade Total dos Fatores na Indústria Brasileira considerando a Obsolescência do Capital Instalado entre 1990 e 2009**. Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=27630>.

BALCILAR, Mehmet. **MFilter Package**. 2018. Disponível em: <<http://www.mbalcilar.net/research.html>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

BARABASI, Albert-laszlo. **Bursts**: The hidden patterns behind everything we do, from our e-mail to bloody crusades. Londres: Plume, 2010. 310 p.

BENHABIB ALBERTO BISIN MI LUO, J. et al. **Wealth Distribution and Social Mobility in the US**: A quantitative approach. 2015.

BOISOT, M.; MCKELVEY, B. Complexity Science: A bridge between Modernist and Postmodernist perspectives on Organizations? **The Academy of Management Review**: 35. p.415-433, 2010.

BUCHANAN, Mark. **Ubiquity**: The science of history ... or why the world is simpler than we think. 2. ed. Londres: Phoenix Paperback, 2002. 230 p.

CARVALHO, V. M.; GABAIX, X. The Great Diversification and its Undoing. **American Economic Review**, v. 103, n. 5, p. 1–39, 2013.

DA SILVA, S. MATSUSHITA, R. **Econofísica**. Seattle: KDP Amazon, 2017.170 p.

DA SILVA, S. et al. Granularity of the top 1,000 Brazilian companies. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 512, p. 68–73, 2018.

DI GIOVANNI, J.; LEVCHENKO, A. A. Country Size, International Trade, and Aggregate Fluctuations in Granular Economies. **Journal of Political Economy**, v. 120, n. 6, p. 1083–1132, 2009.

DOMAR, Evsey. On the measurement of technological change. **Economic Journal**, Londres, v. 71, n. 284, p.709-729, jan. 1961.

FERREIRA, Pedro Costa; SPERANZA, Talitha; COSTA, Jonatha da. **Brazilian**

Economic Time Series (BETS): R package. Rio de Janeiro: Fgv, 2016. 45 p.

FORBES. **The Billionaires** 2018. Disponível em: <https://www.forbes.com/billionaires/#661c13ea251c>. Acesso em: 17 nov. 2018.

GABAIX, X. The Granular Origins of Aggregate Fluctuations. **Econometrica**, v. 79, n. 3, p. 733–772, 2011.

GABAIX, X. Power Laws in Economics: An Introduction. **Journal of Economic Perspectives**, v. 30, n. 1, p. 185–206, 2016.

GLERIA, I.; MATSUSHITA, R.; SILVA, S. DA. Sistemas complexos, criticalidade e leis de potência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 99–108, 2004.

IBGE. **Sistema de Contas Nacionais: SCN**. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/servicos/9052-sistema-de-contas-nacionais-brasil.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 17 nov. 2018.

LIU, Y. et al. Statistical properties of the volatility of price fluctuations. **Physical Review E - Statistical Physics, Plasmas, Fluids, and Related Interdisciplinary Topics**, v. 60, n. 2, p. 1390–1400, 1999.

MANDELBROT, B.; TALEB, N. N. Mild vs wild randomness: Focusing on the risk that matter. In: DIEBOLD, F. X. et al. **The Known, the Unknown, and the Unknowable in Financial Institutions: Measurement and Theory Advancing Practice**. Nova Jersey: Princeton University Press, 2010, 392 p.

NEWMAN, M. E. J. Power laws, Pareto distributions and Zipf's law. **Contemporary Physics**, v. 46, n. 5, p. 323–351, 2005.

PARETO, Vilfredo. **Cours d'économie politique**. Librairie Droz, 1896.

ROSSER JR, J. B. ECONOPHYSICS The New Palgrave Dictionary of Economics, 2. **The New Palgrave Dictionary of Economics**, v. 2, 2008.

SALINAS, Sílvio Roberto Azevedo. **Introdução à Física Estatística**. 2. ed. São Paulo: Edusp, 2013. 472 p.

TALEB, Nassim Nicholas. **The Black Swan: The impact of the highly improbable**. 2. ed. Nova Iorque: Random House, 2010. 445 p.

UTUMI, C. M. **Estudo sobre a volatilidade do PIB real brasileiro**. [s.l.] Insper Instituto de Ensino e Pesquisa, 2014.

YOUNG, Paul. **Técnicas de Comunicação Eletrônica**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. 687 p.